

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FILOZOFSKI FAKULTET  
ODSJEK ZA INFORMACIJSKE I KOMUNIKACIJSKE ZNANOSTI  
AK. GOD. 2015/2016

Sunčica Šegula

**Plijesan kao čimbenik propadanja knjižnične građe i arhivskog  
gradiva**

Završni rad

Mentorica: prof. dr. sc. Ana Barbarić

Zagreb, 2016.

## Sadržaj

1. Uvod.....	str. 3
2. Građa i životni ciklus plijesni .....	str. 4
3. Način i okolnosti u kojima plijesan napada papir .....	str.5
3.1. Rodovi plijesni koji učestalo napadaju papirnu građu .....	str. 8
4. Sanacija i prevencija pojave plijesni .....	str. 13
5. Plijesan kao opasnost za ljudsko zdravlje .....	str. 16
6. Zaključak .....	str. 17
7. Izvori .....	str. 18

## 1. Uvod

Plijesni nas svuda okružuju. Osim u doslovnom smislu tisuća spora koje lete zrakom i koje su prisutne u gotovo svakom okruženju, vjerojatno nema osobe koja se barem jednom u životu nije susrela s plijesni, na pločicama i zidovima ili na hrani koja je ostala predugo u hladnjaku. U pravim uvjetima, spore plijesni kliju na organskom materijalu i polako ga razaraju, hraneći se sirovinom koja se tako stvara. U svijetu ljudi plijesni imaju dvojaku ulogu, s jedne strane su iznimno korisne – kako bi ubile bakterije koje se hrane istom organskom tvari, plijesni ispuštaju antibiotike, od kojih je vjerojatno najpoznatiji Penicilin, s druge strane su nametnici, paraziti koji uništavaju materiju na kojoj kliju, a uz to neke od njih mogu predstavljati ozbiljnu opasnost za ljudsko zdravlje. Knjižnična građa i arhivsko gradivo sastoji se uglavnom od organskih materijala, što ih čini iznimno podložnim biodegradaciji, jednom od osnovnih bioloških procesa u prirodi. Ako su zadovoljeni određeni uvjeti potrebni za klijanje, na gradivu će se pojaviti plijesan, a koliko se ona ne primijeti i sanira, plijesan može izbljediti tintu i uništiti strukturu papira. S obzirom da većina knjižnica zbog sličnih fizičkih uvjeta razvija sličnu mikofloru, moguće je kreirati relativno univerzalni pristup prevenciji i sanaciji plijesni. U ovom preglednom radu opisat ću životni ciklus plijesni, navesti uvjete potrebne za njezino aktiviranje, objasniti način na koji uništava papirnu (i ne samo papirnu) građu, dati pregled nekoliko rodova plijesni s obzirom na razinu relativne vlage koja im je potrebna za aktivaciju, sažeti načine borbe i prevencije protiv pojave plijesni te naglasiti važnost svjesnosti o plijesnima kao opasnosti za ljudsko zdravlje.

## 2. Građa i životni ciklus plijesni

Kako bi se protiv nekog destruktivnog fenomena, pojave ili bića uspješno borili, bitno je razumjeti njihov životni ciklus - način na koji se razvijaju i razmnožavaju, te prije svega mehanizme kojima uništavaju objekte koje napadaju.

Plijesni su mikroskopske višestanične gljive. Spadaju u domenu eukariota (*Eukarya*) i carstvo gljiva (*Fungi*). Do 1969. gljive su bile sistematizirane u carstvo biljaka, ali su zbog posebnih karakteristika otkrivenih daljnjim proučavanjem smještene u zasebno carstvo *Fungi*.<sup>1</sup> Beckhvit je u istraživanju provedenom 1940. s papira izolirao 55 različitih vrsta plijesni, koje pripadaju u 11 rodova.<sup>2</sup> Do danas je poznato više od 180 rodova plijesni koje napadaju celulozu, tj. koriste ju kao izvor hranu. Osim što je sistematiziralo vrste plijesni koje se hrane celulozom, važnost Beckhvitovog istraživanja je i u tome što je pokazalo da su za papir opasne i neke plijesni koje ne koriste samu celulozu kao izvor hranjivih tvari, ali mogu oštetiti papir jer se hrane drugim tvarima prisutnim u njemu, i tako slabe vezu između papirnih vlakana. Plijesni se sastoje od vegetativnog i plodonosnog tijela. Micelij, vegetativno tijelo, čini splet nitastih stanica, koje se nazivaju i hife, a u plodonosnom tijelu dolazi do stvaranja spora. Spore su jednostanične ili višestanične tvorevine elipitičnog, zvjezdastog ili cilindričnog oblikapomoću kojih se plijesni razmnožavaju.<sup>3</sup> Spore se stvaraju u ogromnim količinama, jedno plodonosno proizvede nekoliko tisuća mikroskopski sitnih spora, koje se onda zrakom prenose dok ne dođu do uvjeta u kojima mogu proklijati. Obavijene su iznimno čvrstom opnom, što ih čini otpornim na vanjske uvjete poput visokih i niskih temperatura, ali i na kemijske spojeve koji se ponekad koriste za tretiranje građe pogođene plijesnima (više o

---

<sup>1</sup> Longin, A. Sistematika plijesni – potencijalnih štetočina na papiru. // Vjesnik bibliotekara Hrvatske. 58, 3/4(2015). Str. 140.

<sup>2</sup> Wood Lee, M. Vulnerability of materials. // *Prevention and treatment of mold in library collections with an emphasis on tropical climates: A RAMP study* (1988). URL: <http://www.unesco.org/webworld/ramp/html/r8809e/r8809e05.htm#3.%20implications%20for%20library%20materials>. (7.6.2016.).

<sup>3</sup> Dadić, V.; Sarić, E. Osnove zaštite bibliotečne građe. Zagreb : Hrvatsko bibliotekarsko društvo, 1973. Str. 79.

tome kasnije). Češće nego strujanjem zraka, spore plijesni do knjižnične građe i arhivskog gradiva dolaze posredstvom ljudi ili njihove odjeće. Spore plijesni mogu biti različitih boja: crne, zelene, ružičaste, smeđe, žute ili bezbojne, a upravo obojene mrlje na papiru najbolji su pokazatelj da se na toj građi nalaze ili su se nalazile plijesni. Plijesni su paraziti ili saprofiti, što znači da kao izvor hrane koriste gotovu organsku tvar. Za razliku od biljaka, ne sadrže klorofil, pa ne mogu same od anorganskih sastojaka putem fotosinteze stvarati organski materijal potreban za ishranu. Po njihovu stanju, plijesni dijelimo na aktivnu i neaktivnu (ili uspavanu). Razlikovanje aktivne i neaktivne plijesni lako je i bez detaljne inspekcije. Aktivna plijesan je vlažna tj. sluzava i razmazuje se dodiranjem, a uspavana je praškasta i trusi se ako ju dotaknemo.<sup>4</sup>

### 3. Način i okolnosti u kojima plijesan napada papir

Spore plijesni koje se stalno nalaze u zraku ili su donešene posredstvom ljudi u prostor u kojem se čuva gradivo aktivirat će se tek kad se postignu određeni uvjeti. Kako bi se plijesan aktivirala potrebno je zadovoljiti nekoliko kriterija: vlažnost supstrata i zraka, relativno visoka temperatura, ustajalost zraka i izvor organske hrane. Ako razmislimo gdje se plijesan najčešće javlja u kućanstvima, vjerojatno će nam prvo na pamet pasti kupatona, vlažna prostorija u kojoj je temperatura često viša od ostatka prostora i gdje je strujanje zraka ograničeno, pogotovo u slučaju stanova u kojima kupatona nema prozor; ili podrum, koji najčešće također udovoljava svim navedenim uvjetima, iako je malo hladniji od očekivanog optimalnog staništa plijesni. No, činjenica da se plijesan, uz zadovoljene ostale uvjete, može pojaviti i u hladnjaku, dovoljno govori o raznolikosti plijesni i uvjeta u kojima može uspjeti. Uvjerljivo najbitniji čimbenik rasta plijesni je vlaga, i to relativna vlaga zraka iznad 65 posto. Ako se relativna vlaga zraka spusti ispod 65 posto, plijesni će prestati biti aktivne, ali spore će ostati u stanju pripravnosti i reaktivirati se kad vlažnost opet poraste iznad 65 posto. Što se tiče vlažnosti supstrata (podloge na kojima se plijesni razvijaju), već ona od 7-8 posto, koja je prisutna u nekim papirima pri vlažnosti zraka od 65 posto, pogodna je za rast određenih rodova plijesni, npr. one iz rodova *Aspergillus* i *Penicillium*.<sup>5</sup> Optimalna temperatura za rast plijesni je 15 – 29°C, no kao što je ilustrirano gore navedenim

---

<sup>4</sup> IFLA-ina načela u skrb i rukovanje knjižničnom građom. / Međunarodni savez knjižničarskih društva i ustanova. Zagreb : Hrvatsko knjižničarsko društvo, 2003. Str.32.

<sup>5</sup> Longin, A. Nav dj. Str. 138.

primjerom, plijesan se može razviti i van ovog temperaturnog ranga. Ograničeno strujanje zraka pogoduje plijesni jer onemogućava daljnje prapšivanje spora koje su se uhvatile za određeni organski materijal i počele klijati. Primijećeno je da se plijesan najbolje razvija u tamnim prostorima, ali to se može povezati s prethodnim čimbenikom, ustajalim zrakom, s obzirom da su tamni prostori najčešće i prostori s lošom cirkulacijom zraka. Kiselost papira igra određenu ulogu u vjerojatnosti plijesni, Dadić piše kako je za plijesni optimalna sredina s pH vrijednošću ispod 7, a Longin tvrdi da su papiri s pH vrijednošću od 5,5 do 6 iznimno otporni. Ovu blagu nepodudarnost informacija možemo obrazložiti činjenicom da različite plijesni različito uspijevaju u sredinama različite kiselosti. Kako bi plijesan rasla i razvijala se, potreban joj je dostatan izvor organskih tvari koje može koristiti kao prehrambenu sirovinu. Različite plijesni koriste različite organske tvari kao izvor hrane, ali sve imaju isti mehanizam konzumacije tvari koju parazitiraju. Micelij izlučuje hidrolitične enzime koji rastvaraju organsku tvar u spojeve (jednostavne šećere) koje plijesan može upiti putem hifa i tako si priskrbiti potrebne hranidbene tvari.<sup>6</sup> Za arhivsko gradivo i knjižničku građu posebno su opasne celulolitične vrste plijesni, tj. one koje imaju sposobnost stvaranja celulaznog enzimskog kompleksa, pa si hranidbene tvari mogu priskrbiti razaranjem celuloze, glavnog sastojka papira. Plijesnima su za razvoj nužni mnogi kemijski elementi: ugljik, vodik, kisik, dušik, sumpor, kalij i magnezij. Osim toga, nekim vrstama potrebni su i elementi u tragovima, npr. cink, željezo, bakar, mangan i kalcij, te određeni vitamini.<sup>7</sup> Celuloza se ističe kao izvor većine od nabrojanih elemenata pa ne čudi prije navedena brojka od 180 rodova plijesni koje ju koriste kao izvor prehrane. Ipak, češće nego celuloza, pogodan izvor prehrambenih tvari za različite vrste plijesni su drugi materijali koji se nalaze u gotovoj knjizi, npr. ljepila biljnog ili životinjskog porijekla, drvo, metali, tekstil, koža, pergamena<sup>8</sup> ili tvari koje se uz celulozu nalaze u sastavu papira: ligning, pektin, voskovi, tanin, proteini i mineralne tvari.<sup>9</sup> Moderan papir sadrži više navedenih primjesa i manje celuloze pa je zato pogodniji za napade mikroorganizama od onog starijeg. Napadima plijesni posebno su podložne i knjige tiskane sredinom 19. stoljeća. Kao sirovina za izradu papira tada su se koristile stare krpe, a kao

---

<sup>6</sup>Ellor, T. Re: what is mold? how does it grow? Does mold grow in colors?. 1999.

URL: <http://www.madsci.org/posts/archives/1999-02/918398094.Gb.r.html>. (7.6.2016.).

<sup>7</sup>Longin, A. Nav. dj. Str. 140

<sup>8</sup>Dadić, V.; Sarić, E. Nav. dj. Str. 80.

<sup>9</sup>Longin, A. Nav. dj. Str. 137

ljepilo škrob i želatina, što ih čini idealnom podlogom za rast mikroorganizama.<sup>10</sup>Beckhwhit je u svojem istraživanju ustvrdio da kolofonij (destilirana smolna izlučevina nekih vrsta bora<sup>11</sup>) prisutan u papiru usporava rast mikroorganizama, ali zato sam kolofonij povećava kiselost papira i pospješuje njegovo kemijsko propadanje.<sup>12</sup>Plijesni se na pergameni ili koži mogu pojaviti i ako je ona onečišćena tvarima koje mogu koristiti kao izvor prehrane i kao takve izravno ne oštećuju građu.Dakle, pojava plijesni ovisi o fizičkim uvjetima u knjižnici ili arhivu i kemijskim svojstvima građe ili gradiva. Plijesan se prvo pojavljuje na uvezu knjige iz razloga što je on izravno izložen vlazi u zraku i ima veću higroskopičnost nego sam papir. Ljepilo će pri istoj relativnoj vlazi zraka imati veću vlažnost nego papir, što uvjetuje mjesto početka rasta plijesni.<sup>13</sup>Papir uvezan u knjigu puno će rjeđe biti meta plijesni nego papir bez uveza. No u slučaju poplave ili nekog drugog izravnog vlaženja građe, papir uvezan u knjigu podložniji je napadu mikroorganizama, jer se suši puno sporije nego papir bez uveza, pogotovo na dijelu blizu hrbata.<sup>14</sup> Plijesan građu napada u tri vala, ovisno o količini vlage u zraku, pa tako razlikujemo primarne, sekundarne i tercijarne kolonizatore. Primarni kolonizatori koji uglavnom iskorištavaju ljepilo i ne razaraju vlaknastu strukturu papira, uvijek su iz roda *Penicillium* i *Aspergillus*. Sekundarni kolonizatori prodiru dublje u materijal i imaju sposobnost razaranja celuloze, a uglavnom pripadaju rodovima *Chaetomium*, *Stachybotrys*, *Stemphylium*, *Trichoderma* i *Aspergillus*. Sekundarni kolonizatori specifični su i po tome što stvaraju pigment. Tercijarni kolonizatori za rast i razvoj zahtijevaju najveću razinu vlage, a njima pripadaju vrste *Alternaria tenuis*, *Spicaria elegans*, *Cephalosporium acremonium*, *Trichotecium roseum* i dr.<sup>15</sup> Stupanj obraslosti knjige plijesni ne mora biti vezan uz stupanj razgradnje papira, npr. primarni kolonizatori mogu površinski više prekriti knjigu, dok tercijarni kolonizatori rade veću štetu u smislu razaranja papira i uništavanja građe. Uočljiv pokazatelj djelovanja plijesni na papiru je njegovo tamnjenje. Tamnjenje i smanjivanje savitljivosti papira posljedica je gumifikacije organskih čestica. Nakon toga papir postaje lomljiv i sipak.<sup>16</sup>Mrlje na papiru mogu nastati kao posljedica stvaranja velike količine spora

---

<sup>10</sup>Dadić, V.; Sarić, E. Nav. dj. Str. 81.

<sup>11</sup>Kolofonij. *Hrvatska enciklopedija*. URL: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=32455>. (7.6.2016.).

<sup>12</sup>Wood Lee, M. Nav. dj.

<sup>13</sup>Dadić, V.; Sarić, E. Nav. dj. Str. 80.

<sup>14</sup>Paper Conservation Catalog - Mold: Section 2. URL: [http://www.conservation-wiki.com/wiki/Paper\\_Conservation\\_Catalog\\_-\\_Mold:\\_Section\\_2](http://www.conservation-wiki.com/wiki/Paper_Conservation_Catalog_-_Mold:_Section_2). (8.6.2016.).

<sup>15</sup>Dadić, V.; Sarić, E. Nav. dj. Str. 81.

<sup>16</sup>Longin, A. Nav. dj. Str.137-138.

koje nastaju u plodonosnom tijelu. Mrlje može uzrokovati i obojeni micelij koji prodire u vlakna papira i oplete ih. U miceliju se nekada kao metabolit stvara pigment koji plijesan ne sprema u hifama već ga izlučuje u okolinu, tj. papirna vlakna koja tako oboja. U tom slučaju obojane mrlje mogu se nalaziti daleko od same kolonije. Foxing je naziv za male smeđe mrlje koje nastaju na starom papiru, a čija pojava još nije u potpunosti razjašnjena. Uočeno je da knjige nastale prije 1501. godine ne pokazuju znakove foxinga, što je povezano s načinom proizvodnje papira u to doba. U 16. stoljeću javila se veća potražnja za papirom pa su proizvođači skraćivali proizvodni proces i koristili manje vode za ispiranje sirovinskih vlakana. Beckhwitova je teorija da je foxing povezan s prisutnošću željeza u tragovima u papiru, što bi također išlo u prilog prethodnoj teoriji. No, foxing se može naći i na vrlo starim japanskim papirima, gdje tu pojavu nazivaju *hoshi* (zvijezde). Ako se to uzme u obzir, teorija o tragovima željeza zaostalom tijekom procesa proizvodnje kao uzroku foxinga je poljuljana i ne možemo se sa sigurnošću utvrditi njezin uzrok. Modernija istraživanja foxing ipak povezuju s djelovanjem mikroorganizama, točnije plijesnima *Aspergillus glaucus* i *Aspergillus restrictus*.<sup>17</sup> Osim na papirnoj građi i knjigama, i na mikrofilmovima se mogu primjetiti mrlje koje su slične mrljama od plijesni. Ako se takvi filmovi stave u uvjete povišene vlage u zraku, na njima se razvijaju plijesni rodova *Penicillium* i *Aspergillus*.<sup>18</sup>

### **3.1. Rodovi plijesni koji učestalo napadaju papirnu građu**

#### **1. Primarni kolonizatori**

---

<sup>17</sup>Wood Lee, M. Structure of mold. // Prevention and treatment of mold in library collections with an emphasis on tropical climates: A RAMP study (1988).

<http://www.unesco.org/webworld/ramp/html/r8809e/r8809e04.htm#2.%20mold>. (9.6.2016.).

<sup>18</sup>Dadić, V.; Sarić, E. Nav. dj. Str. 83.





Slika 1. *Aspergillus fumigatus*.<sup>19</sup>

Razred: Eurotiomycetes

Red: Eurotiales

Porodica: Trichocomaceae

Rod: *Aspergillus*

Vrste: *A. flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *A. repens*, *A. ustus*, *A. oryzae* i dr.

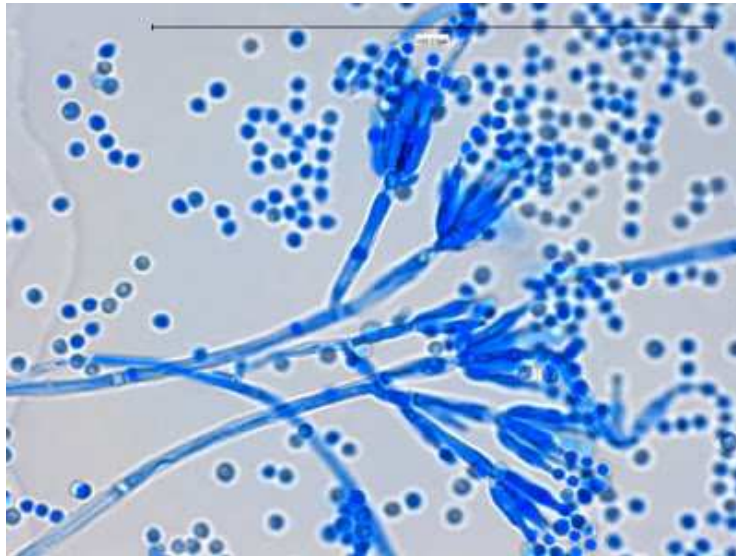
*Aspergillus* je jedan od najrasprostranjenijih rodova plijesni i može ga se naći po cijelom svijetu, a pripada mu oko 200 vrsta. *Aspergillus fumigatus*, prikazana na slici, je jedna od najčešće pronađenih vrsta plijesni uopće. Ova vrsta ima specifičnu toleranciju na visoke temperature i može rasti na čak 50°C. Plijesni iz ovog roda osim alergija uzrokuju i bolesti dišnog sustava, kože, uha i rožnice. Neke vrste imaju industrijsku primjenu u proizvodnji hrane, npr. *A. oryzae* se koristi za fermentaciju sojinog umaka, a *A. niger* se koristi u proizvodnji kruha i piva.<sup>20</sup>

---

<sup>19</sup>Case Report - Primary Sternal *Aspergillus* Osteomyelitis.

URL: [http://www.medscape.com/viewarticle/410076\\_2](http://www.medscape.com/viewarticle/410076_2). (17.6.2016.).

<sup>20</sup> *Aspergillus* sp. URL: <https://www.emlab.com/app/fungi/Fungi.po?event=fungi&type=primary&species=5>. (17.6.2016.).



Slika 2. *Penicillium citrinum*<sup>21</sup>

Rod: *Penicillium*

Vrste: *P. citrinum*, *P. funiculosum*, *P. iriensis*, *P. minioluteum*, *P. prinophilum*

Ovom također učestalo nađenom rodu pripada oko 200 vrsta. Može ih se naći u kućnoj prašini, jabukama, narančama, siru ili truloj tkanini. Uzrokuju alergije i probleme s plućima. Kolonije su uglavnom plave, zelene i bijele. Neke vrste se koriste u proizvodnji sira i mesnih prerađevina, a vjerojatno najpoznatija primjena im je u proizvodnji antibiotika penicilina. Spore *Penicilliuma* u slobodnom stanju je nemoguće razlikovati od spora *Aspergillus*.<sup>22</sup>

## 2. Sekundarni kolonizatori

<sup>21</sup> *Penicillium citrinum*. URL: <http://thunderhouse4-yuri.blogspot.hr/2015/08/penicillium-citrinum.html>. (17.6.2016.).

<sup>22</sup> *Penicillium* sp. URL: <https://www.emlab.com/app/fungi/Fungi.po?event=fungi&type=primary&species=26&name=Penicillium>. (17.6.2016.).



Slika 3. *Trichoderma viride*<sup>23</sup>

Razred: Sordariomycetes

Red: Hypocreales

Porodica: Hypocreaceae

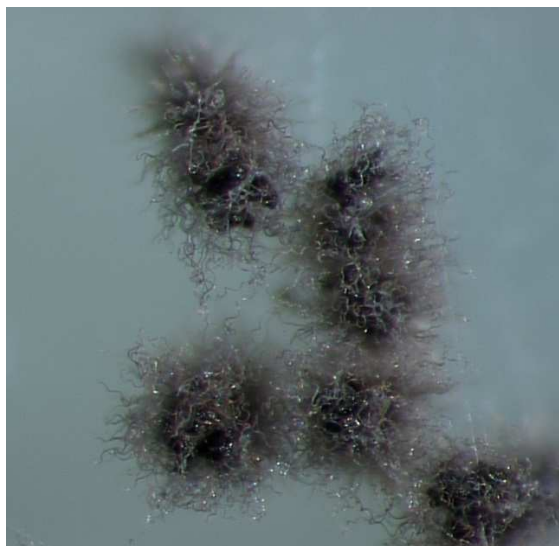
Rod: *Trichoderma*

Vrste: *T. citrinoviride*, *T. koningii*, *T. reesei*, *T. viride*

Rodu *Trichoderma* pripada oko 20 vrsta koje se mogu naći svugdje od Alpa do tropskih područja. Visoko su celulitične, a osim na papiru, može ih naći na citrusima, rajčicama, tekstilu, vlažnom drvu i drugdje. Spore su uglavnom zelene boje. *Trichoderma viride*, plijesan sa slike, može se prepoznati po specifičnom mirisu kokosa, koji nastaje kao njegov metabolit. Vrste rod *Trichoderma* koriste se u proizvodnji piva i vina, te agrikulturi kao zaštita usjeva od biljnih patogena. Ove vrste opasne su za ljude koji uzimaju imunosupresive, pa tako kod pacijenata na dijalizi mogu uzrokovati infekciju opne trbušne šupljine, a kod ljudi s transplatiranom jetrom upale jetre.<sup>24</sup>

<sup>23</sup>*Trichoderma viride*. URL: <http://dir.indiamart.com/impcat/trichoderma-viride.html>. (17.6.2016.).

<sup>24</sup>*Trichoderma* sp. URL: <https://www.emlab.com/app/fungi/Fungi.po?event=fungi&type=primary&species=38&name=Trichoderma>. (17.6.2016.).



Slika 4. *Chaetomium globosum*.<sup>25</sup>

Red: Sordariales

Porodica: Chaetomiaceae

Rod: *Chaetomium*

Vrsta: *C. globosum*

Od otprilike 81 vrsti koje pripadaju rodu *Chaetomium*, s papira je najčešće izolirana vrsta *Chaetomium globosum*. Ove celulolitične plijesni široko su rasprostranjene, a osim na vlažnom papiru, može ih se naći u zemlji ili drvetu. Potrebno im je otprilike 8 do 20 dana za klijanje i stvaranje spora. Njihov utjecaj na ljudsko zdravlje nije u potpunosti istražen, ali ih se povezuje s alergijama i infekcijom noktiju.<sup>26</sup>

### 3. Tercijarni kolonizatori

---

<sup>25</sup> *Chaetomium globosum*. URL: <http://fungi.myspecies.info/all-fungi/chaetomium-globosum>. (17.6.2016.).

<sup>26</sup> *Chaetomium* spp. URL: <https://www.emlab.com/app/fungi/Fungi.po?event=fungi&type=primary&species=12&name=Chaetomium>. (17.6.2016.).



Slika 5. *Alternaria tenuis*.<sup>27</sup>

Razred: Dothideomycetes

Red: Pleosporales

Porodica: Pleosporaceae

Rod: *Alternaria*

Vrsta: *A. tenuis*

Ovom rodu pripada oko 40-50 vrsta, a općenito je jedan od najrasprostranjenijih rodova plijesni u svijetu. Može ih se naći u zemlji, na hrani i tekstilu, te osobito kao biljnog patogena na oslabljenim biljkama. Kolonije su tamno-maslinastozelene ili smeđe. Osim alergija, u ljudi koji uzimaju imunosupresive mogu izazvati infekcije. U poljoprivredi i vrtlarstvu se koriste za suzbijanje korova.<sup>28</sup>



Slika 6. *Trichothecium roseum*<sup>29</sup>

Razred: Sordariomycetes

Red: Hypocreaceae

Porodica: inc. sed.

<sup>27</sup> *Alternaria tenuis*. URL: <http://www.anallergo.it/en/patients/allergens/mycophyta/alternaria.html>. (17.6.2016.).

<sup>28</sup> *Alternaria* sp. URL: <https://www.emlab.com/app/fungi/Fungi.po?event=fungi&type=primary&species=2&name=Alternaria>. (17.6.2016.).

<sup>29</sup> Mycology online. URL: [http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal\\_Descriptions/Hyphomycetes\\_\(hyaline\)/Trichothecium/](http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes_(hyaline)/Trichothecium/). (17.6.2016.).

Rod: Trichothecium  
Vrsta: T. roseum

Ovaj često nađeni rod plijesni nije detaljno istražen pa nema puno informacija o njegovom djelovanju na ljudsko zdravlje. Osim na papiru, može ga se naći na trulim biljkama: korijenju, sjemenkama, travi, granama, te u vodi i zemlji.<sup>30</sup> Raste umjereno brzo, kolonije su prvo bijele, a s vremenom dobivaju ružičastu ili narančastu boju.<sup>31</sup>

#### 4. Sanacija i prevencija pojave plijesni

Kada razumijemo način na koji se plijesni razvijaju, razmnožavaju i štete knjižničnoj građi i gradivu, možemo poduzeti adekvatne pothvate kako bi smo građu od nje zaštitili ili što bolje sanirali građu koja je već pogođena plijesnima. U slučaju uočavanja plijesni na građi, potrebno je reagirati brzo i ispravno, s ciljem spriječavanja širenja plijesni na ostatak zbirke. Prije svega, potrebno je odrediti opseg zaraženosti građe i sukladno tome dalje djelovati. Ako je plijesan pogodila u manjoj mjeri manji dio građe, pravilno educirani i opremljeni zaposlenici knjižnice ili arhiva mogu sami sanirati građu. Ako je to moguće, trebalo bi tražiti savjet i mišljenje konzervatora, a ako je plijesan prisutna na velikom djelu zbirke ili je građa u uznapređovalom stadiju raspadanja uzrokovanom plijesni, čišćenje bi trebalo prepustiti stručnjacima, kao i savjetovati se s mikologom koji će utvrditi radi li se o toksičnoj plijesni. Ako se radi o manjem izbijanju plijesni, prvo treba izolirati infektiranu građu i utvrditi je li plijesan aktivna ili neaktivna. Plijesan ne bi trebalo pokušavati čistiti u aktivnom stanju, jer se tako samo više rasprostranjuje, već ju prije čišćenja treba učiniti neaktivnom. Zaražena građa treba se za potrebe transporta pospremiti u plastične vreće, ali ne ostavljati u njima predugo kako se unutar vreće ne bi stvorila mikroklima pogodna za daljnji razvoj plijesni i razaranje građe. Građa se može smjestiti u suhu kutiju podstavljenu papirom, u koju je dobro staviti i neko sredstvo za odvlaživanje, npr. paketiće sa silikagelom.<sup>32</sup> Plijesni predstavljaju posebnu opasnost u slučaju poplave. Na vlažnoj građi plijesan će se pojaviti već unutar prvih 48 sati. Pri sušenju građe ne smije se povisiti

<sup>30</sup>Trichothecium sp. URL:<https://www.emlab.com/app/fungi/Fungi.po?event=fungi&type=secondary&species=125&name=Trichothecium>. (17.6.2016.).

<sup>31</sup> Mycology online. Nav. dj.

<sup>32</sup> IFLA-ina načela u skrbi i rukovanje knjižničnom građom. Nav. dj. Str. 33.

temperatura prostorije jer će to samo potaknuti rast plijesni.<sup>33</sup> Građu je bolje staviti u zamrzivač kako bi se plijesan brže deaktivirala, a kasnije se može postupno sušiti i čistiti. Neaktivna plijesan čisti se mekim bijelim kistom, vani i po lijepom vremenu. Potezi kistom trebaju biti takvi da skinuta plijesan odlazi od osobe koja čisti građu i niz vjetar. Ukoliko nije moguće iznijeti građu van institucije, čišćenje se radi ispred ventilatora i kraj otvorenog prozora, tako da očišćena plijesan bude nošena strujanjem zraka kroz prozor. Plijesni se ne smiju usisavati običnim usisavačima za kućanstvo jer su oni, čak i na postavkama najmanje snage, preagresivni i mogu uništiti građu. Osim toga, filteri koji se nalaze u tim usisavačima nemaju dovoljnu razinu filtracije da bi uspješno zadržali usisanu plijesan, štoviše, mogli bi raspršiti usisane spore i tako učiniti dodatnu štetu. Za usisavanje plijesni smiju se koristiti isključivo HEPA (high efficiency particulate air) usisavači s visokoučikovitim filterom koji zadržava 99,97 posto krutih čestica veličine do 0.3 mikrona.<sup>34</sup> Ukoliko je potrebno očistiti mrlje nastale kao posljedica djelovanja plijesni, za postupak čišćenja koristi se etilni alkohol, te metode bijeljenja.<sup>35</sup> Čišćenje vrijedne i rijetke građe, čak i ako se radi samo o jednom ili blago zaraženom primjerku, zbog delikatnosti postupka, ipak treba prepustiti konzervatorima. Sva sredstva korištena pri uklanjanju plijesni, također treba odložiti s posebnim oprezom – zamotati ih u plastične vrećice i maknuti iz zgrade.

Nakon što je sama građa očišćena, treba sanirati i područje na kojem je otkrivena plijesan. Prije svega treba otkriti uzrok pojave plijesni, kako bi se ujedno i prevenirala daljnja izbijanja. Prostorija u kojoj je otkrivena plijesan treba se dobro očistiti prije vraćanja građe, a relativna vlaga spustiti ispod 55 posto. Bez obzira koju metodu čišćenja primjenili, moramo biti svjesni da će dio nekativiranih spora plijesni uvijek ostati na građi ili u zraku, pa zbog toga u prostoriji treba održavati uvjete u kojima te spore neće proklijati. Treba provjeriti izbija li negdje voda, te kondenzira li se na vanjskim zidovima. Za odvlaživanje prostorije mogu se koristiti strojni odvlaživači, čiju snagu treba birati s obzirom na veličinu prostorije koja je pogođena vlagom. Također je bitno izvršiti inspekciju klimatizacijskog sustava i ventilacije, jer upravo oni mogu služiti kao izvor ili prijenosnik plijesni. Podovi i namještaj u prostoriji gdje se drži građa usisavaju se HEPA usisavačima, a nakon toga se mogu čistiti i dezinfekcijskim

---

<sup>33</sup> Emergency Salvage of Moldy Books and Paper. URL: <https://www.nedcc.org/free-resources/preservation-leaflets/3.-emergency-management/3.8-emergency-salvage-of-moldy-books-and-paper>. (10.6.2016.).

<sup>34</sup> IFLA-ina načela u skrb i rukovanje knjižničnom građom. Nav. dj. Str. 33.

<sup>35</sup> Pilipović, D. Čišćenje arhivskog gradiva kemijskim metodama. // Arhivski vjesnik 40, 40(1998). u: Longin, A. Nav. dj. Str. 157.

sredstvima.<sup>36</sup> U periodu nakon obavljenog čišćenja treba obratiti pažnju na očišćenu građu i prostoriju kako bi se što prije primjetili eventualni znakovi ponovne pojave plijesni. Kao postupak borbe protiv plijesni u prošlosti se često koristila metoda fumigacije, primjena otrovnog plina kao fungicida. Plinovi koji su se pokazali kaonajdjelotvorniji u saniranju knjižničkog gradiva su sulfurilfluorid ( $\text{SO}_2\text{F}_2$ ), etilen-oksidi ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ ) i bromometan ( $\text{CH}_3\text{Br}$ ).<sup>37</sup> IFLA više ne preporučuje fumigaciju jer su sredstva koja se koriste kao fungicidi otrovna za ljude, ostaci se zadržavaju u građi, a ne sprečavaju ponovni razvoj plijesni. Umjesto fumigacije, mnogo sigurnije rješenje je mehaničko čišćenje deaktivirane plijesni i stvaranje te održavanje mikroklimе u kojoj se plijesni ne razvijaju.

Prevenција pojave plijesni temelj je očuvanja knjižnične ili arhivske zbirke. Uz sva poznata svojstva plijesni, nije teško zaključiti da je održavanje relativne vlage zraka i temperature pri kojoj plijesan ne raste najbolja preventivna mjera koja se može poduzeti. Opća higijena prostora, redovito brisanje prašine i usisavanje, značajno pridonosi zaštiti od plijesni. U zgradi u kojoj se nalaze zbirke gradiva ne bi se trebale držati biljke, a prostorije bi trebale biti učestalo provjetravane. Zbog razlike u temperaturi i vlažnosti vanjskog i unutarnjeg prostora može se razviti vlaga uz zidove. Police s građom trebaju biti odmaknute od zidova, tako da strujanje zraka omogući isušivanje vlage. Iz sličnog razloga, vanjski odvodi trebaju biti postavljeni tako da se voda ne skuplja u blizini vanjskih zidova, a ako postoje prskalice za zalijevanje biljaka, trebaju biti postavljene tako da ne moče vanjske zidove.<sup>38</sup> Nova građa koja dolazi u instituciju trebala bi se prije pridruživanja ostatku zbirke provjeriti. Osim mjerama predostrožnosti u kulturnoj instituciji, papir se od plijesni može zaštititi i tijekom proizvodnje, kemijskim tretiranjem.

## 5. Plijesan kao opasnost za ljudsko zdravlje

---

<sup>36</sup> IFLA-ina načela u skrb i rukovanje knjižničnom građom. Nav. dj. Str. 34

<sup>37</sup> A Comparison of Three Gaseous Fumigants: Vikane, Ethylene Oxide and Methyl Bromide. URL: <http://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn02/wn02-3/wn02-301.html>. (12.6.2016.).

<sup>38</sup> IFLA-ina načela u skrb i rukovanje knjižničnom građom. Nav. dj. Str. 34



Sve plijesni su potencijalno opasne za ljudsko zdravlje, a neke, poput *Aspergillus fumigatus*, su dokazano toksične.<sup>39</sup> Institucija u kojoj je nađena plijesan svakako bi se trebala konzultirati s mikologom kako bi se utvrdilo o kakvoj se plijesni radi. Zaposlenici koji rukuju građom zaraženom plijesni trebali bi u svakom trenutku imati zaštitnu opremu: masku, naočale, zaštitnu odjeću i obavezno jednokratne rukavice. Zdravstvenim problemima uzrokovanim plijesni pravi uzrok se često ne prepozna, jer simptomi nalikuju virozi, gripi ili peludnoj alergiji. Jačina utjecaja plijesni na ljudski organizam ovisi o količini plijesni i dužini izlaganja, kao i o podložnosti tj. jačini imuniteta ljudi koji su izloženi plijesnima. Plijesni stvaraju alergene i iritante. Udisanje ili dodirivanje plijesni i njihovih spora može uzrokovati alergijske reakcije u osjetljivijih ljudi. Alergijske reakcije očituju se simptomima poput kihanja, curenja iz nosa, crvenila očiju i kožnog osipa. Reakcije na plijesni mogu se dogoditi neposredno nakon izlaganja ili mogu biti naknadne. Kod osoba koje boluju od astme, plijesni mogu izazvati napadaje, a čak i kod osoba koje inače nemaju problema s alergijama, izloženost plijesnima može dovesti do iritacije očiju, nosa, kože i pluća<sup>40</sup>. Plućne bolesti koje su uzrokovane plijesnima uključuju blastomikozu, kriptokokozu, histoplazmozu i kokcidioidomikozu<sup>41</sup>, narodnog imena groznica svetog Jakova<sup>42</sup>. Sve ove bolesti javljaju se asimptomatski ili simptomima koji nalikuju upali pluća, što ih čini težim za diagnosticiranje, a mogu se liječiti antibioticima.<sup>43</sup>

## 6. Zaključak

---

<sup>39</sup> Mold: Its Causes and How to Reduce the Threat. URL:<http://cool.conservation-us.org/byauth/sagraves/sagrmold.html>. (12.6.2016.).

<sup>40</sup> Mold as a Threat to Human Health. (3.3.2013.). *Abbey Newsletter*. URL:<http://cool.conservation-us.org/byorg/abbey/an/an18/an18-6/an18-602.html> (12.6.2016.).

<sup>41</sup> Mold as a Threat to Human Health. Nav. dj.

<sup>42</sup> MSD priručnik dijagnostike i terapije: Kokcidioidomikoza. URL: <http://www.msd-prirucnici.placebo.hr/msd-prirucnik/infektologija/gljivice/kokcidioidomikoza>. (12.6.2016.)

<sup>43</sup> MSD priručnik dijagnostike i terapije. Nav. dj.

Plijesni su mikroskopske višestanične gljive koje kao izvor hrane koriste gotovu organsku tvar. Više od 180 rodova plijesni mogu kao taj izvor hrane koristiti celulozu, glavni sastojak papira, a osim celulozom, mogu se hraniti i ostalim tvarima koje se nalaze u gotovoj knjizi. Plijesni koje najčešće napadaju papirnu građu pripadaju rodovima *Chaetomium*, *Trichoderma*, *Aspergillus* i *Penicillium*. Spore plijesni se u svakom trenutku nalaze u zraku i ne postoji efektivni način za njihovu eliminaciju. No, spore neće proklijati sve dok se ne zadovolje neki uvjeti okoliša. Za aktivaciju većine plijesni iz spora potrebno je da relativna vlažnost zraka bude iznad 65 posto i temperatura iznad 20 stupnjeva, te da je protok zraka ograničen. Kada se ti uvjeti postignu, plijesan se na organskoj podlozi razvija u vegetativno i plodonosno tijelo. Vegetativno tijelo, micelij izlučuje hidrolitične enzime koji rastvaraju organsku tvar u jednostavne šećere koje plijesan može upiti putem hifa. Iako postoji toliko puno potencijalno opasnih rodova plijesni, gotovo sve uspijevaju isključivo u navedenim uvjetima, pa nije teško stvoriti uniformirani način prevencije i sanacije plijesni. Ovisno o količini najbitnijeg faktora za stvaranje plijesni, vlage u zraku, plijesni koje se razvijaju dijelimo na primarne, sekundarne i tercijarne kolonizatore. Papir pogođen plijesni tamni, smanjuje mu se savitljivost i postaje lomljiv, te su na njemu vidljive kromatske promjene (mrlje) koje uzrokuje pigment iz plijesni. Čišćenje plijesni s građe trebali bi obavljati samo prikladno educirani zaposlenici kulturnih institucija, uz obavezno korištenje zaštitne opreme. Plijesan se čisti samo u uspavanom stanju. Zbog lošeg omjera učinkovitosti i opasnosti za ljude, fumigacija se više ne preporuča kao metoda borbe protiv plijesni. Nije potrebno težiti potpunoj eliminaciji spora iz zraka, već je puno važnije održavati čist i uredan prostor u kojem se nalaze knjižnične i arhivske zbirke. Redovito čišćenje te održavanje vlage i temperature u željenim granicama su dostatna prevencija pojave plijesni. Plijesni mogu predstavljati ozbiljnu prijetnju ljudskom zdravlju, zbog čega bi se pri otkriću plijesni trebalo savjetovati s mikologom i upozoriti sve djelatnike institucije, koji bi u sklopu svojeg formalnog obrazovanja ili cjeloživotnog usavršavanja trebali naučiti kak se nositi s plijesni. Upravo je edukacija kulturnih djelatnika najbolji alat borbe protiv plijesni kao uzročnika propadanja knjižnične građe i arhivskog gradiva.

## 7. Izvori

A Comparison of Three Gaseous Fumigants: Vikane, Ethylene Oxide and Methyl Bromide.  
URL: <http://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn02/wn02-3/wn02-301.html>. (12.6.2016.).

*Alternaria* sp. URL: <https://www.emlab.com/app/fungi/Fungi.po?event=fungi&type=primary&species=2&name=Alternaria>. (17.6.2016.).

*Alternaria tenuis*. URL: <http://www.anallergo.it/en/patients/allergens/mycophyta/alternaria.html>. (17.6.2016.).

*Aspergillus* sp. URL:  
<https://www.emlab.com/app/fungi/Fungi.po?event=fungi&type=primary&species=5>.  
(17.6.2016.).

*Chaetomium globosum*. URL: <http://fungi.myspecies.info/all-fungi/chaetomium-globosum>.  
(17.6.2016.).

*Chaetomium* spp. URL: <https://www.emlab.com/app/fungi/Fungi.po?event=fungi&type=primary&species=12&name=Chaetomium>. (17.6.2016.).

Case Report - Primary Sternal *Aspergillus* Osteomyelitis. URL: [http://www.medscape.com/viewarticle/410076\\_2](http://www.medscape.com/viewarticle/410076_2). (17.6.2016.).

Dadić, Vera; Sarić, Eleonora. Osnove zaštite bibliotečne građe. Zagreb : Hrvatsko bibliotekarsko društvo, 1973.

Ellor, T. Re: what is mold? how does it grow? Does mold grow in colors?. 1999.  
URL: <http://www.madsci.org/posts/archives/1999-02/918398094.Gb.r.html> (7.6.2016.).

Emergency Salvage of Moldy Books and Paper. URL: <https://www.nedcc.org/free-resources/preservation-leaflets/3.-emergency-management/3.8-emergency-salvage-of-moldy-books-and-paper>. (10.6.2016.).

IFLA-ina načela za skrb i rukovanje knjižničnom građom / Međunarodni savez knjižničarskih društava i ustanova. Zagreb : Hrvatsko knjižničarsko društvo, 2003.

Kolofonij. Hrvatska enciklopedija. URL:  
<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=32455>. (7.6.2016.).

Longin, A. Sistematika plijesni – potencijalnih štetočina na papiru. // Vjesnik bibliotekara Hrvatske. 58, 3/4(2015).

Mold as a Threat to Human Health. (3.3.2013.). Abbey Newsletter. URL: <http://cool.conservation-us.org/byorg/abbey/an/an18/an18-6/an18-602.html> (12.6.2016.).

Mold: Its Causes and How to Reduce the Threat. URL: <http://cool.conservation-us.org/byauth/sagraves/sagrmold.html>. (12.6.2016.).

MSD priručnik dijagnostike i terapije: Kokcidiodomikoza. URL: <http://www.msd-prirucnici.placebo.hr/msd-prirucnik/infektologija/gljivice/kokcidiodomikoza>. (12.6.2016.).

Mycology online. URL: [http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal\\_Descriptions/Hyphomycetes\\_\(hyaline\)/Trichothecium/](http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes_(hyaline)/Trichothecium/). (17.6.2016.).

Paper Conservation Catalog - Mold: Section 2. URL: [http://www.conservation-wiki.com/wiki/Paper\\_Conservation\\_Catalog\\_-\\_Mold:\\_Section\\_2](http://www.conservation-wiki.com/wiki/Paper_Conservation_Catalog_-_Mold:_Section_2). (8.6.2016.).

Penicillium citrinum. URL: <http://thunderhouse4-yuri.blogspot.hr/2015/08/penicillium-citrinum.html>. (17.6.2016.).

Penicillium sp. URL: <https://www.emlab.com/app/fungi/Fungi.po?event=fungi&type=primary&species=26&name=Penicillium>. (17.6.2016.).

Pilipović, D. Čišćenje arhivskog gradiva kemijskim metodama. // Arhivski vjesnik 40, 40(1998).

Trichoderma viride. URL: <http://dir.indiamart.com/impcat/trichoderma-viride.html>. (17.6.2016.).

Trichoderma sp. URL: <https://www.emlab.com/app/fungi/Fungi.po?event=fungi&type=primary&species=38&name=Trichoderma>. (17.6.2016.).

Trichothecium sp. URL: <https://www.emlab.com/app/fungi/Fungi.po?event=fungi&type=secondary&species=125&name=Trichothecium>. (17.6.2016.).

Wood Lee, M. Structure of mold. // Prevention and treatment of mold in library collections with an emphasis on tropical climates: A RAMP study (1988).

<http://www.unesco.org/webworld/ramp/html/r8809e/r8809e04.htm#2.%20mold>.  
(9.6.2016.).

Wood Lee, M. Vulnerability of materials. // *Prevention and treatment of mold in library collections with an emphasis on tropical climates: A RAMP study* (1988). URL:

<http://www.unesco.org/webworld/ramp/html/r8809e/r8809e05.htm#3.%20implications%20for%20library%20materials>. (7.6.2016.).

## **Plijesan kao čimbenik propadanja knjižnične građe i arhivskog gradiva**

### **Sažetak**

Najveći dio knjižnične građe i arhivskog gradiva sastoji se od papira i ostalih organskih

materijala, što ga čini podložnim biodegradaciji. Plijesni su mikroskopske višestanične gljive koje žive kao paraziti ili saprofiti na organskoj tvari koju koriste kao izvor hrane. Za papirnu građu posebno su opasne celulolitične plijesni, čiji enzimi imaju sposobnost razgradnje celuloze, glavnog sastojka papira. Osim što ga razgrađuju, plijesni uzrokuju razne kromatske promjene na papiru. Plijesni se razmnožavaju sporama koje do građe dolaze posredstvom zraka ili ljudi i njihove odjeće. Vrste plijesni najčešće izolirane s papira pripadaju rodovima *Aspergillus*, *Penicillium*, *Chaetomium* i *Trichoderma*. Za klijanje spora su potrebni određeni fizički uvjeti u knjižnici ili arhivu. Čimbenici koji utječu na rast plijesni na građi su odgovarajuća temperatura, izvor organske hrane, ustajali zrak i najvažnije – dovoljno visoka relativna vlaga zraka. Najbolje metode prevencije plijesni su higijenske mjere i održavanje uvjeta u kojima one ne klija. Ukoliko se na građi otkrije plijesan, treba ju izolirati te očistiti mehaničkim, a ako je potrebno, i kemijskim metoda. Zbog niske učinkovitosti i štetnosti za ljudsko zdravlje, fumigacija se više ne preporučuje kao metoda sanacije plijesni. Plijesni ili mikotoksini koje one izlučuju mogu biti opasne za zdravlje ljudi, pa bi osoblje koje rukuje zaraženom građom u svakom trenutku trebalo nositi zaštitnu opremu, a preporučuje se i savjetovanje s mikologom.

Ključne riječi: plijesni, plijesan, papir, zaštita, građa, knjižnica

## **Mold as a factor of degradation of library and archive collections**

### **Summary**

Molds are microscopic fungi that use organic matter as a source of food. They procreate through the creation of spores which then become airborne and transfer to the appropriate area where mold can begin to grow. Considering that most of the collections found in libraries and archives are made of organic material (i.e. paper), it is not surprising that they too can become a home for mold. For paper items, the most dangerous molds are those that excrete the cellulose enzymatic complex, which can degrade and destroy cellulose, the main ingredient of paper. Such genera are, for example, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Chaetomium* and *Trichoderma*. However, mold will not start to grow if some of the environmental conditions are not met. The conditions for mold growth are appropriate temperature, source of organic matter, limited air circulation and most importantly, sufficient moisture. The

monitoring of conditions in the library or archive, as well as overall hygiene, is the best way to prevent mold growth. If an outbreak happens, the infected material should be isolated and cleaned. Due to its harmfulness to humans and low efficacy, fumigation is no longer recommended as a treatment of mold infected materials. Molds can present a serious threat to human health. Mold itself or its excretions (which can be mycotoxins) can lead to allergies, skin, nose and eye irritations or even serious lung problems. Personnel handling the infected items should always wear protective equipment, and if possible, a mycologist should be consulted.

Keywords: mold, paper, library, cultural heritage